

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Group Effective Connectivity Model of Episodic Memory-related Cognitive Functions
著者(和文)	SaetiaSupat
Author(English)	Supat Saetia
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12006号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小池 康晴,金子 寛彦,杉野 暢彦,吉村 奈津江,永井 岳大
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12006号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Saetia Supat		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小池 康晴	教授	審査員	永井 岳大	准教授
	審査員	金子 寛彦	教授			
		杉野 暢彦	教授			
吉村 奈津江		准教授				

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Group Effective Connectivity Model of Episodic Memory-related Cognitive Functions (エピソード記憶に関連する認知機能に対する効果的モデルの集団解析手法の提案)」と題し、英文 6 章から構成されている。

第 1 章 「Introduction (序章)」では、関連する研究を概観し、本論文で扱う認知機能の一端を担う記憶について、さらに、本論文で利用する非侵襲脳計測装置である機能的磁気共鳴画像法 (Functional magnetic resonance imaging:fMRI) について述べている。そして、本論文の目的は、人間が時間を遡って自分自身を投影し、以前の経験を思い出して自己認識をもたらすことができるエピソード記憶について、脳神経活動のネットワークを因果的な接続モデルを用いて構築し、その機構を解明することであると述べている。

第 2 章 「Brain Analogy (脳の類推)」では、脳機能を理解するツールを概説するとともに、本論文で用いる因果性解析の手法 (time-series graph-based measures of information transfer : TIGRAMITE) について述べている。脳機能を解明するために fMRI が用いられているが、構造画像と機能画像を用いて課題に依存して優位に活動が高まる領域を特定する課題関連の計測方法だけでなく、何もしていないときの機能画像を用いる安静時脳活動解析が近年利用されるようになってきていると述べている。また、神経のネットワークを解析する手法としてグレンジャー因果性がよく用いられるが、気候の観測データから多変量伝達エントロピーを推定するために開発された TIGRAMITE を脳のネットワーク解析に利用する意義について述べている。また、それぞれのツールの有効性を示すために、運動課題におけるよく知られた脳領域の関係を調べ、検証を行っている。

第 3 章 「Functional and Effective Connectivities (機能的および効果的結合)」では、情報の流れを表すモデルを用いて脳の機能を解明する手法として、機能的な結合と効果的な結合について解析を行っている。ネットワークモデルは脳の領域を表すノードと接続されている脳領域間の経路を表すエッジで構成されている。タスク中に活動している領域を見つけ、脳活動の時系列データから領域間の関係性を調べることで、機能的なネットワークや効果的なネットワークを解析することが可能である。実験として 120 名の安静時脳活動とエピソード記憶に関する想起課題中の脳活動を計測し、機能的および効果的な結合性を解析している。その結果、TIGRAMITE を用いた効果的な結合性の解析では、接続の方向だけでなく、接続の強度に応じて可視化することで、関連する脳領域の解釈を容易にすることが可能であると述べている。

第 4 章 「Group Connectivity (グループ結合解析)」では、集団解析を用いたモデリングの結果を示している。個人ごとの解析と集団としての解析の解釈の問題として、脳の各領域間の活動の順序が個人間で異なる場合、個々の時間的変動が集団解析に影響を与えると指摘している。一般的な脳のメカニズムを解明するためには、個人ごとのモデルよりも母集団全体の統計モデルを構築することが必要である。ミネソタ大学のヒューマンコネクトームプロジェクトのデータベースの中から 376 名の参加者の顔画像記憶課題のデータを用いて、TIGRAMITE によりエピソード記憶課題における集団解析を行った結果、後頭回から側頭後頭紡錘状回への接続、および舌状回から海馬傍回への接続の二つが重要な役割を果たしていた。これらの領域は発達期の宣言的記憶形成に重要な場所や、顔認識に重要な役割を果たす領域であり、これまでの研究で知られている場所に一致しており、信頼性のある脳部位の関係性が抽出できたと述べている。

第 5 章 「Connectivity Deduction (接続性の推論)」では、ネットワーク解析における解釈の問題について議論している。機能的な結合は、時間的な相関を示しており、効果的な結合は、領野間の因果的な関係を示している。複雑なネットワークにおいては、偽の相関が観測されることも多く、時間分解能の低い fMRI を用いたネットワーク解析による脳の機能解明には、正しく因果性が検出できる手

法として TIGRAMITE の有効性を述べている。また、個人解析と集団解析における問題点を指摘し、結果の解釈が容易な TIGRAMITE の有効性を述べている。

第 6 章 「Conclusion (結論)」では、各章の内容をまとめるとともに、今後の課題と展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、脳機能のより包括的な理解が可能になる fMRI を用いた新しい手法を提案しており、学術上貢献するところが大きい。よって博士(学術)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。